



Recenzja rozprawy doktorskiej pana mgr. inż. Piotra Rzepki:

"Struktury automatyki elektroenergetycznej poprawiające współpracę układów generacji rozproszonej z systemem elektroenergetycznym w stanach zakłóceńowych"

1. Podstawa wykonania recenzji

Niniejszą recenzję opracowano na podstawie Uchwały Rady Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej z dnia 15 czerwca 2010 roku. Podstawą wykonania jest opracowanie pod ww. tytułem o objętości 190 stron, w tym spis literatury zawierający 139 pozycji publikacji (w tym książki, artykuły, dokumenty, katalogi), 7 odniesień do stron internetowych oraz dwa załączniki o objętości 21 stron.

2. Teza naukowa i zakres pracy

Autor sprecyzował tezę naukową w rozdziale 1 na stronie 6 pracy. Zdaniem Doktoranta:

Przy zastosowaniu automatyki elektroenergetycznej wykorzystującej struktury obszarowe oraz technikę pomiarów synchronicznych można poprawić warunki współpracy źródeł rozproszonych z systemem elektroenergetycznym w stanach zakłóceńowych.

Dla udowodnienia powyższych tez naukowych Doktorant przyjął następujący zakres swojej pracy:

- w rozdziale drugim scharakteryzował rozproszone źródła energii w szczególności obszary ich zastosowania, wykorzystywane technologie, stan obecny i perspektyw rozwoju oraz ich wpływ na pracę systemu elektroenergetycznego,
- w rozdziale trzecim przedstawił stosowane sposoby przyłączania źródeł rozproszonych do sieci elektroenergetycznej jak również dokonał zestawienia wymagań legislacyjnych stawianych jednostkom generacji rozproszonej w zakresie pracy źródeł rozproszonych w stanach zakłóceńowych występujących w sieci oraz w zakresie funkcjonowania układów automatyki zabezpieczeniowej tych źródeł,
- w rozdziale czwartym przedyskutował zachowania się elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej źródeł rozproszonych w stanach zakłóceńowych, przeprowadził badania wpływu przyłączenia źródeł rozproszonych na funkcjonowanie automatyki elektroenergetycznej układów sieciowych, wskazując jednocześnie wady stosowanych działań umożliwiających współpracę źródeł rozproszonych z siecią elektroenergetyczną, określił

również wytyczne i zakres działań służący poprawie funkcjonowania automatyki elektroenergetycznej sieci dystrybucyjnej oraz elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej źródeł rozproszonych w aspekcie poprawy współpracy tych źródeł z siecią w stanach zakłóceńowych,

- w rozdziale piątym opisał opracowane struktury systemu nadrzędnej automatyki generacji rozproszonej poprawiającego współpracę źródeł rozproszonych z systemem elektroenergetycznym, przeprowadził analizę możliwości zastosowania istniejących technik pomiarów obszarowych wykorzystujących system pozycjonowania satelitarnego GPS do realizacji zadań proponowanego systemu nadrzędnej automatyki generacji rozproszonej,
- w rozdziale szóstym zaproponował przykładową realizację systemu nadrzędnej automatyki generacji rozproszonej dla wybranego fragmentu sieci dystrybucyjnej, opisał założenia dotyczące sposobu działania funkcji identyfikacyjno-decyzyjnych realizowanych w poszczególnych warstwach systemu nadrzędnej automatyki generacji rozproszonej, opracował algorytmy działania wybranych funkcji identyfikacyjno-decyzyjnych systemu nadrzędnej automatyki generacji rozproszonej, określił modele fragmentów systemu elektroenergetycznego umożliwiające przeprowadzenie analiz stanów przejściowych towarzyszących stanom zakłóceńowym występującym w układach źródła rozproszone – system elektroenergetyczny, przeprowadził weryfikację działania opracowanych algorytmów funkcji identyfikacyjno-decyzyjnych na podstawie badań symulacyjnych dla różnych przypadków współpracy źródeł rozproszonych z systemem elektroenergetycznym,
- w rozdziale siódmym przedstawił wiele wniosków i uwag końcowych. Niektóre z wniosków zostały podane w bardzo rozszerzonej formie.

3. Ocena znaczenia i aktualności podjętej tematyki

Problematyka podjęta przez Doktoranta związana jest ściśle z bardzo istotnym zagadnieniem wpływu podłączanych do systemu elektroenergetycznego nowych źródeł generacji rozproszonej (w szczególności farm wiatrowych), na poprawność funkcjonowania automatyki elektroenergetycznej. Polityka energetyczna w wielu krajach uprzemysłowionych kładzie nacisk na coraz większy udział energii odnawialnej w produkcji energii elektrycznej. Z dostępnych technologii alternatywnych źródeł generacji rozproszonej najszybciej następował rozwój energii wiatrowej. Duży udział realizowanych i planowanych farm wiatrowych, będzie powodował coraz więcej problemów z zachowaniem prawidłowej pracy systemu elektroenergetycznego, również z powodu braku poprawności funkcjonowania automatyki elektroenergetycznej. Dość powszechnie panuje przekonanie, że źródła takie można bezproblemowo przyłączyć do sieci dystrybucyjnej systemu elektroenergetycznego przy zastosowaniu restrykcyjnej parametryzacji nastaw zabezpieczeń od skutków przejścia do pracy wyspowej wprowadzając jednocześnie - obligatoryjnie tzw. zabezpieczenia dodatkowe. W założeniu mają one chronić odbiorców, jak i same źródła, przed nienormalnymi warunkami pracy sieci oraz przywrócić możliwość właściwego funkcjonowania elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej sieci dystrybucyjnej w stanach zakłóceńowych poprzez odcięcie źródeł

pracujących w najbliższym otoczeniu miejsca wystąpienia zakłócenia. Efektem tego będzie jednak brak możliwości zachowania selektywności wyłączeń elementów sieci elektroenergetycznej podczas zakłóceń występujących w najbliższym otoczeniu przyłączonych źródeł lub możliwość wystąpienia zbędnych wyłączeń podczas zakłóceń odległych lub stanów przejściowych w systemie elektroenergetycznym.

Zaproponowany przez Doktoranta obszarowy system nadrzędnej automatyki generacji rozproszonej może w istotny sposób poprawić funkcjonowanie automatyki elektroenergetycznej przy obecności źródeł generacji rozproszonej. Przede wszystkim dałby jednak możliwość współpracy źródeł generacji rozproszonej z systemem elektroenergetycznym w stanach zakłóceń, które mogą mieć w tym momencie pozytywny wpływ na „lokalną” stabilność układów sieciowych. Za takim ich wykorzystaniem przemawiają aspekty konstrukcyjne jednostek wytwórczych stosowanych w źródłach rozproszonych. Dotychczas te aspekty nie są wykorzystywane. Dlatego uważam, że temat podjęty przez Doktoranta jest ważny i bardzo aktualny a wyniki analiz niezwykle istotne dla poszukiwań rozwiązań mających na celu poprawę funkcjonowania automatyki elektroenergetycznej w strukturach sieciowych o silnym nasyceniu źródłami generacji rozproszonej.

Ma to również fundamentalne znaczenie dla aspektów technicznych związanych z wytwarzaniem, przesyłem i odbiorem energii elektrycznej dla ogólnie pojętego bezpieczeństwa pracy systemu elektroenergetycznego.

4. Ocena merytoryczna pracy

4.1. Zastosowana metodologia badań

Przedstawiona do oceny praca jest bardzo rozbudowana i porusza wiele problemów związanych z procesem generacji rozproszonej w aspekcie poprawności funkcjonowania automatyki elektroenergetycznej. Badania przeprowadzone przez Autora pracy zostały wykonane dla różnych poziomów napięć, z uwzględnieniem odrębnych charakterów pracy sieci dystrybucyjnej na tych poziomach napięć.

Przyjęte przez Autora założenia wskazują, że Autor ma doskonałe rozeznanie tematu w dziedzinie stanów dynamicznych wywołanych zakłóceniami w systemie. Słusznie odrzuca zagadnienia dotyczące stanów quasi-ustalonych nie związanych z automatyką zabezpieczeniową. Same elektrownie wiatrowe podczas zakłóceń produkują oscylacje elektromechaniczne, które w praktyce nie mają znaczenia. Wynika to z ograniczonej bezwładności ze względu na ekranowanie przez konwerter. Dodatkowo, turbiny wiatrowe mogą osiągnąć znacznie szybciej moc znamionową z uwagi na fakt, że regulacja mocy czynnej odbywa się energoelektronicznie, w przeciwieństwie do regulacji napędu konwencjonalnych generatorów synchronicznych.

Z tego powodu dla analiz wytyczonych przez Autora istotne było skupienie się wyłącznie na elektromagnetycznych stanach przejściowych i wynikających z tego wymagań dotyczących odwzorowania elementów systemu elektroenergetycznego.

Wybór narzędzia matematycznego środowiska MATLAB uważam za właściwy dla symulacji w zakresie przyjętym przez Autora. Jest oczywiste, że Doktorant swobodnie „porusza się” w obszarze nowoczesnych metod numerycznych i modeli matematycznych elementów systemu elektroenergetycznego.

Należy stwierdzić, że Doktorant bardzo dobrze opisuje zamierzenia badawcze a następnie bogato dokumentuje przeprowadzone symulacje. Podane w załącznikach szczegółowe dane badanych układów pozwalają na ewentualną weryfikację uzyskanych przez Niego wyników za pomocą innego dostępnego oprogramowania komputerowego np. DigSilent lub Netomac.

4.2. Ocena wyników analizy

Najwartościowszym elementem wykonanej pracy jest przeprowadzenie pogłębionej analizy możliwości współpracy źródeł rozproszonych z systemem elektroenergetycznym w różnych jego stanach pracy pod kątem poprawności funkcjonowania automatyki elektroenergetycznej oraz opracowanie zasad tworzenia struktur obszarowych systemów nadrzędnej automatyki generacji rozproszonej. Doktorant wykazuje się bardzo dobrą znajomością problematyki generacji rozproszonej zarówno w części technicznej jak i legislacyjnej, co w konsekwencji umożliwia zaproponowanie rozwiązań, które w znaczący sposób mogą poprawić współpracę źródeł generacji rozproszonej z systemem elektroenergetycznym na poziomie sieci dystrybucyjnej. W ten sposób Doktorant udowadnia postawioną na początku pracy tezę naukową. Przeprowadzone przez Doktoranta analizy i symulacje potwierdzają słuszność przyjętych założeń i wskazują na wysoką zasadność podjętej tematyki oraz kierunków badań. Niewątpliwie bardzo ważnym zyskiem z recenzowanej pracy jest opracowanie zasad tworzenia obszarowych systemów automatyki elektroenergetycznej, które mają charakter uniwersalny i mogą być zastosowane dla różnych obiektów elektroenergetycznych.

4.3. Uwagi dyskusyjne

W trakcie studiowania pracy nasunęły mi się następujące uwagi i pytania:

- W załączniku 2 Autor podał parametry modelowanych układów sieciowych systemu elektroenergetycznego. Na str. 184 w tym załączniku pisze „...Jako model linii jednotorowej wykorzystano blok linii trójfazowej symetrycznej o parametrach skupionych i strukturze czwórnika typu π ...”. Jak wiadomo linia przesyłowa stanowi jedyny element układu elektroenergetycznego o parametrach rozłożonych przestrzennie wzdłuż linii w sposób ciągły. Odwzorowanie linii przesyłowej dla analizy elektromagnetycznych zjawisk przejściowych za pomocą parametrów skupionych nie jest właściwe. Jak Autor uzasadnia swój wybór?
- Ze schematów zastępczych podanych na rysunkach wynika, że systemy zasilające pracują oddzielnie – w przypadku zwarcia i przerwy w zasilaniu następuje odcięcie źródeł. Takie połączenie w systemie jest możliwe, aczkolwiek stanowi szczególny

(rzadki) przypadek. Czy Doktorant przewidział/symulował również realny przypadek połączonych, współpracujących system czy w takim wypadku proste odwzorowanie systemów – tak jak to proponuje Autor byłoby odpowiednie?

- W punkcie 4.3.4 na stronie 63 Doktorant stwierdza, że na nieprawidłowe funkcjonowanie układów elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej w sieci dystrybucyjnej wysokiego napięcia będzie miało również przyłączenie źródeł rozproszonych o znacznej sumarycznej mocy do układu sieci dystrybucyjnej średniego i niskiego napięcia „zasilanego” z jednego GPZ. Czy Doktorant może przybliżyć ten problem i odpowiedzieć na pytanie czy i w jaki sposób tego typu oddziaływanie zostało uwzględnione w przeprowadzonych przez Niego analizach?
- W badaniach symulacyjnych zachowania farm wiatrowych zarówno podczas stanów przejściowych jak i w stanach normalnych istotną rolę odgrywa odwzorowanie przepływu powietrza nad danym obszarem. Do analizy stanów przejściowych odpowiednie jest stosowanie modeli diagnostycznych dających możliwość analitycznego rozwiązania zlinearyzowanego układu równań dynamiki atmosfery. W jaki sposób (w pracy nie ma bliższego opisu) uwzględniono w modelu turbiny te czynniki (np. zmienność prędkości wiatru, kąt położenia łopat itp.)?

4.4. Uwagi redakcyjne

Uwagi redakcyjne należy zacząć od pochwały bardzo starannej edycji pracy, również jej załączników. Jest jednak parę uchybień utrudniających czytelnikowi lekturę pracy. Praca jest bardzo obszerna i w niektórych miejscach odnosi się wrażenie, że Autor w końcowym etapie redagowania pracy chciał dokonać skrótów, przez co nie wszystkie dane - szczególnie w załączniku dotyczące elementów układu są wyjaśnione. Uwagi podane powyżej w recenzji wynikają m.in. z tych „niedopowiedzeń” np. odnośnie danych do modelu farmy wiatrowej.

5. Wniosek końcowy

Doktorant rozwiązał poprawnie postawiony problem. Użył w tym celu właściwych i nowoczesnych metod naukowych i udowodnił postawioną przez siebie tezę. Sposób przeprowadzonych badań wskazuje, że mgr inż. Piotr Rzepka posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki z dnia 14 marca 2003 roku. Wniosuję o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Dodatkowo stawiam wniosek o wyróżnienie pracy.

